

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**TESIS:**

**“APLICACIÓN DE GLIFOSATO COMO MADURADOR DE CAÑA DE  
AZÚCAR EN LA VARIEDAD BTB- 89-386”**

**Por:**

**JUAN ANTONIO BAUTISTA CATA**

Tesis de Grado presentado a consideración de la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”** como requisito para optar el Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería Agronómica.

**Mayo de 2013**

**TARIJA – BOLIVIA**

**V°B°**

-----  
Ing. José Ariel Villena Morales  
**PROFESOR GUÍA**

-----  
M.Sc. Ing. Ismael Acosta Galarza  
**DECANO**  
**FAC. CS. AGRÍCOLAS Y FORESTALES**

-----  
M.Sc. Ing. Línder Espinoza Márquez  
**VICEDECANO**  
**FAC. CS. AGRÍCOLAS Y FORESTALES**

**APROBADO POR:**

-----  
M.Sc. Ing. Martín Oscar Tordoya Rojas

-----  
M.Sc. Lic. Ing. Yerko Sfarcich Ruíz

-----  
M.Sc. Ing. José Lindolfo Laime Nieves



## ÍNDICE GENERAL

| <b>TÍTULO</b>  | <b>Pág.</b> |
|--|-------------|
| 1.1.- INTRODUCCIÓN.....  | 1           |
| 1.2.- JUSTIFICACIÓN.....   | 4           |
| 1.3.- OBJETIVOS.....   | 5           |
| 1.3.1.- OBJETIVO GENERAL.....  | 5           |
| 1.3.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....   | 5           |
| 1.4.- HIPÓTESIS.....   | 5           |
| 2.- MARCO TEÓRICO Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....                                  | 6           |
| 2.1. Generalidades de la caña de azúcar.....                                     | 6           |
| 2.1.2. Clasificación Taxonómica.....   | 7           |
| 2.2. Principales productores de caña del mundo.....                              | 8           |
| 2.2.1. Produccion de azúcar en Santa Cruz.....                                   | 8           |
| 2.2.2. El cultivo de la caña de azúcar en Bermejo.....                           | 9           |
| 2.3. Procesos anatómicos y morfológicos.....                                     | 10          |
| 2.4. Determinación de la Madurez.....  | 11          |
| 2.4.1.Pureza de jugos .....  | 11          |
| 2.4.2.Índice de madurez .....  | 12          |
| 2.4.3. Rendimiento.....  | 12          |
| 2.4.3. Características del Glifosato y Modo de Acción.....                       | 12          |
| 2.4.4. Mecanismo de acción.....  | 14          |
| 2.4.5. Comportamiento en el suelo.....   | 15          |
| 2.4.6. Dosis de Madurantes y Volúmenes de Mezcla en Aplicaciones Comerciales ... | 15          |
| 2.5.- Factores que Afectan la Respuesta de la Planta al Madurante.....           | 17          |
| 2.5.1. Factores naturales y agronómicos.....                                     | 17          |
| 2.5.2. Factores naturales.....   | 17          |
| 2.5.3. Precipitación pluvial.....  | 18          |

| <b>TÍTULO</b>   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| 2.5.5. Temperatura.....   | 19          |
| 2.5.6. Luminosidad.....   | 19          |
| 2.5.7. Variedad.....  | 19          |
| 2.5.8. Fertilización.....   | 20          |
| 2.5.9. Riego.....   | 21          |
| 2.6. Respuesta del madurante bajo condiciones de estrés hídrico.....                            | 22          |
| 2.6.1. Mecanismo de respuesta de las plantas a condiciones de excesiva humedad en el suelo..... | 23          |
| 2.6.2. Aplicación de madurante bajo condiciones de escasez de humedad en el suelo...            | 24          |
| 2.6.3. Aplicación de madurante bajo condiciones de excesiva humedad en el suelo.....            | 25          |
| 2.6.4. Estado de desarrollo vegetativo del cultivo.....   | 26          |
| 2.7. Maduración natural.....  | 27          |
| 2.7.1. La maduración inducida.....  | 27          |
| 2.8. Importancia en el uso de madurantes.....   | 28          |
| 2.9. Variables responsables del contenido de sacarosa en las cañas.....                         | 29          |
| 2.9.1. Factores agronómicos.....  | 30          |
| 2.10. Edad de la planta.....  | 30          |
| 2.10.1. Tiempo entre la aplicación y el corte.....  | 30          |
| 2.10.2. Precipitación.....  | 31          |
| 2.11. Procedimientos para la Aplicación de Madurantes.....                                      | 32          |
| 2.11.1. Calidad de la Aplicación.....   | 33          |
| 2.11.3. Efectos de los Madurantes en la Producción.....   | 33          |
| 2.12. Aplicación de madurantes en diferentes variedades y sus resultados.....                   | 34          |
| 2.13. Beneficios Económicos del Uso de Madurantes.....  | 35          |
| 3.- MATERIALES Y MÉTODOS.....   | 37          |
| 3.1.- LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....   | 37          |
| 3.1.1. Localización geográfica.....   | 37          |

| <b>TÍTULO</b>   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| 3.1.2. División política.....   | 37          |
| 3.1.3. Ubicación.....   | 37          |
| 3.1.4. Vías de comunicación.....  | 38          |
| 3.1.5. Clima.....   | 39          |
| 3.1.6. Precipitaciones pluviales.....   | 39          |
| 3.1.7. Riesgos climáticos.....  | 39          |
| 3.1.8. Recursos hídricos.-.....   | 39          |
| 3.1.9. Suelos.....  | 40          |
| .   |             |
| 3.1.10. Principales riesgos ambientales.....                                      | 40          |
| 3.1.11. Vegetación.....   | 40          |
| 3.2. MATERIALES Y EQUIPOS.....  | 42          |
| 3.3.- METODOLOGÍA.-.....  | 41          |
| 3.3.1. Dimensiones del diseño.....  | 41          |
| 3.3.2. Características del experimento.....                                       | 42          |
| 3.3.3.- Diseño experimental.....  | 42          |
| 3.3.4. Descripción del diseño experimental.....                                   | 43          |
| 3.4. Variables estudiadas.....  | 43          |
| 3.5. Recolección del material vegetal.....  | 43          |
| 3.6. Metodología del muestreo en laboratorio.....                                 | 43          |
| 3.6.1. Determinación del Brix.....  | 43          |
| 3.6.2. Determinación de la pol.....   | 44          |
| 3.6.3. Costo de la aplicación.....  | 45          |
| RESULTADO Y DISCUSIÓN.....  | 46          |
| 4.1.- Determinación de la madurez antes de la aplicación de los tratamientos..... | 46          |
| 4.1.1. BRIX.....  | 46          |
| 4.1.2. POL.....   | 47          |

| <b>TÍTULO</b>   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| 4.1.3. PUREZA.....  | 48          |
| 4.2.- Segunda evaluación.....   | 49          |
| 4.2.1. BRIX.....  | 50          |
| 4.2.2. POL.....   | 52          |
| 4.2.3. PUREZA.....  | 53          |
| 4.3.- Tercera evaluación.....   | 55          |
| 4.3.1. BRIX.....  | 56          |
| 4.3.2. POL.....   | 57          |
| 4.3.3. PUREZA.....  | 58          |
| 4.4.- Cuarta evaluación. ....   | 59          |
| 4.4.1. BRIX.....  | 60          |
| 4.4.2. POL.....   | 61          |
| 4.4.3. PUREZA.....  | 62          |
| 4.5.- Quinta evaluación.....  | 63          |
| 4.5.1. BRIX.....  | 64          |
| 4.5.2. POL.....   | 65          |
| 4.5.3. PUREZA.....  | 66          |
| 4.6. Análisis Económico.....  | 67          |
| 4.6.1. Rendimiento fabril de las medias de las evaluaciones.....  | 67          |
| 4.6.2. Caña de Azúcar, Superficie sembrada, producción de azúcar y rendimiento fabril en Tucumán del 1990 a 2005..... | 68          |
| 4.6.2. Rendimiento en kilogramos de azúcar por tonelada de caña.....  | 69          |
| 4.6.3. Estimación en bs de azúcar obtenida por tonelada de caña.....  | 69          |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....   | 70          |
| 5.1. CONCLUSIONES.....  | 70          |
| 5.2. RECOMENDACIONES.....   | 71          |
| BIBLIOGRAFÍA.....   | 72          |

## ÍNDICE DE CUADROS

| <b>TÍTULO</b>   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| Cuadro N°1 resultado de las Medias de las Variables al inicio de la aplicación.....   | 46          |
| Cuadro N° 2 Brix Calculado.....   | 46          |
| Cuadro N° 3 A.N.O.V.A. para el Brix Calculado.....                                    | 47          |
| Cuadro N°4. Pol Calculado.....  | 47          |
| Cuadro N° 5 A.N.O.V.A. para el Pol Calculado.....                                     | 48          |
| Cuadro N° 6 Pureza.....   | 48          |
| Cuadro N° 7 A.N.O.V.A. para la Pureza.....  | 49          |
| Cuadro N°8 Resultado de las Medias de las Variables a 15 días de la aplicación.....   | 49          |
| Cuadro N° 9 Brix Calculado.....   | 50          |
| Cuadro N° 10 A.N.O.V.A. para el Brix Calculado.....                                   | 51          |
| Cuadro N° 11 Pol Calculado.....   | 52          |
| Cuadro N° 12 A.N.O.V.A. para el Pol Calculado.....                                    | 52          |
| Cuadro N° 13 Pureza.....  | 53          |
| Cuadro N° 14 A.N.O.V.A. Para la Pureza.....   | 54          |
| Cuadro N°15 Resultado de las Medias de las Variables a 30 días de la aplicación.....  | 55          |
| Cuadro N°16 Brix Calculado.....   | 56          |
| Cuadro N° 17 A.N.O.V.A. Para el Brix.....   | 56          |
| Cuadro N° 18 Pol Calculado.....   | 57          |
| Cuadro N°19 A.N.O.V.A. para el Pol Calculado .....                                    | 57          |
| Cuadro N°20 Pureza.....   | 58          |
| Cuadro N° 21 A.N.O.V.A. para el Pol Calculado.....                                    | 59          |
| Cuadro N° 22 Resultado de las Medias de las Variables a 45 días de la aplicación..... | 59          |
| Cuadro N°23 Brix Calculado.....   | 60          |
| Cuadro N° 24 A.N.O.V.A. para el Brix Calculado.....                                   | 60          |
| Cuadro N° 25 Pol Calculado.....   | 61          |
| Cuadro N°26 A.N.O.V.A. para el Pol Calculado.....                                     | 62          |
| Cuadro N° 27 Pureza .....   | 63          |
| Cuadro N° 28 A.N.O.V.A. para la Pureza .....  | 63          |



| <b>TÍTULO</b>   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| Cuadro N° 29 Resultado de las Medias de las Variables a 60 días de la aplicación..... | 64          |
| Cuadro N°30 Brix Calculado.....   | 64          |
| Cuadro N° 31 A.N.O.V.A. para el Brix Calculado .....                                  | 65          |
| Cuadro N° 31 Pol Calculado.....   | 66          |
| Cuadro N° 32 A.N.O.V.A. para el Pol Calculado.....                                    | 66          |
| Cuadro N°33 Pureza.....   | 67          |
| Cuadro N° 34 A.N.O.V.A. para la Pureza.....   | 68          |
| Cuadro N° 35 Rendimiento fabril.....  | 69          |
| Cuadro N° 36 Kilogramos por tonelada de caña.....                                     | 70          |
| Cuadro N° 37 Estimación monetaria de azúcar obtenida por tonelada de caña.....        | 71          |

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO N° 1 UBICACIÓN**

**ANEXO N° 2 ANALISIS DE LABORATORIO**

**ANEXO N° 3 MATERIALES DE CAMPO**

**ANEXO N° 4 MATERIAL QUÍMICO**

**ANEXO N° 5 EXTRACCIÓN DE JUGO**

**ANEXO N° 6 MUESTRAS**

El tribunal de la presente Tesis de Grado, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el presente trabajo, siendo únicamente responsable del autor.

**DEDICATORIA:**

El presente trabajo está dedicado a mi padre Antonio Bautista, mi madre Inés Cata y mis hermanos Enrique y Marcela Bautista Cata, por brindarme todo el apoyo que necesite en el transcurso de mi formación profesional.

## **AGRADECIMIENTOS:**

Definitivamente este trabajo no se habría podido realizar sin la colaboración de muchas personas que me brindaron su ayuda; siempre resultara difícil agradecer a todos aquellos que de una u otra manera me han acompañado en la elaboración de este trabajo de investigación porque nunca alcanza el tiempo, el papel o la memoria para mencionar o dar justicia todos los créditos y méritos a quienes se los merecen. Por tanto, quiero agradecerles a todos ellos cuanto han hecho por mí, para que este trabajo saliera adelante de la mejor manera posible.

Agradecer a Industrias Agrícolas de Bermejo, en especial al personal de la sección de laboratorio de jugos los que me brindaron su apoyo incondicional en el trabajo de campo de dicha investigación.

También agradecer a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho por la formación que me dieron para lograr alcanzar esta meta trazada en mi vida.

Agradecer a Docentes, amigos y compañeros con los que compartimos gratos y bellos momentos.